

---

# OPTIMASI PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA DAN ETANOL

*By* Erna Astuti

## OPTIMASI PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA DAN ETANOL

**Erna Astuti**

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Ahmad Dahlan  
Email : [erna\\_uad@yahoo.com](mailto:erna_uad@yahoo.com)

### *Abstract*

*One of the efforts to look for alternative fuel that renewable and friendly environment is making biodiesel. Optimization process is beginning step to construct and operate commercial biodiesel plant. This research aims to look for optimum condition for biodiesel production from coconut oil and ethanol with reaction temperature and sodium hydroxide (catalyst) concentration as variable process. The reaction was carried out in a three neck round bottom flask equipped with a motor stirrer and thermometer. The result of optimum condition are ; reaction temperature 48,88 °C and catalyst concentration 0.6972 % biodiesel that produced fulfill quality standard of biodiesel.*

*Keywords : biodiesel, optimum condition, quality standard*

### PENDAHULUAN

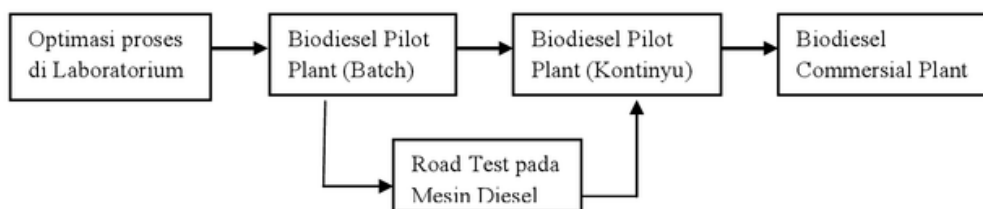
Indonesia memiliki beragam sumberdaya energi. Sejak tahun 80-an terjadi peningkatan kebutuhan energi, khususnya untuk bahan bakar mesin diesel yang diperkirakan akibat meningkatnya jumlah industri, transportasi dan pusat pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) di berbagai daerah di Indonesia. Di sisi lain cadangan minyak yang dimiliki Indonesia semakin terbatas karena merupakan produk yang tidak dapat diperbaharui. Oleh sebab itu dilakukan upaya untuk mencari bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan. Salah satu energi alternatif adalah biodiesel. Biodiesel merupakan alkil ester asam lemak yang diperoleh dari minyak nabati. Kelebihan biodiesel sebagai bahan bakar adalah kemampuannya menurunkan emisi kendaraan (antara partikulat, SO<sub>x</sub>, CO<sub>x</sub>, BTX) (BTMP, 2005), memiliki sifat lubrikasi, dan juga merupakan energi yang terbarukan (*renewable energy*).

Ada beberapa keuntungan bagi Indonesia dengan melakukan pengembangan biodiesel, antara lain (Windria, 2003) :

1. Membantu meringankan Pemerintahan dalam mengurangi impor migas dalam rangka memenuhi kebutuhan bahan bakar dalam negeri.
2. Mengembangkan sektor Agrobisnis sekaligus memberikan nilai tambah bagi komoditas CPO, termasuk pengembangan usaha industri yang terkait.
3. Sangat dimungkinkan di masa mendatang biodiesel menjadi salah satu komoditas ekspor Indonesia

Bahan bakar biodiesel mulai diprioritaskan oleh pemerintah, ditandai dengan keluarnya INPRES No. 1 tahun 2006 pada tanggal 25 Januari 2006, yang menekankan perlunya penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (Yoel Pasae, 2006). Di Indonesia sudah berdiri beberapa pabrik biodiesel yang mempunyai kapasitas produksi berbeda. PT Tracon Industri memproduksi 500 liter/hari, PT Energi Alternatif 1500 liter/hari, BPPT 3 ton/hari, PT Eterindo Wahanatama 100.000 ton/tahun, PT Sumiasih- 36.000 on/tahun dan PT Ganeshaenergy 6.000 ton/tahun (Anonim, 2006).

*Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025 menyatakan pada tahun 2011-2015 diharapkan pemanfaatan biodiesel sebesar 3% dari konsumsi 1.5 juta KL/hari. Oleh karena itu penelitian yang mengkaji hal-hal yang berpengaruh dalam perancangan/desain, commissioning, dan pengoperasian Biodiesel Plant masih terus dilakukan agar diperoleh biodiesel kualitas standar. Berikut ini adalah tahapan untuk merancang pabrik biodiesel skala industri.



Gambar 1. Tahapan Desain Menuju Proven Technology biodiesel Plant commercial  
Sumber : Solikhah dkk (2005)

Optimasi proses merupakan langkah awal untuk memperoleh pabrik biodiesel skala komersial. Pada penelitian ini dilakukan optimasi proses pembuatan biodiesel dari minyak kelapa dan etanol dengan katalisator sodium hidroksida.

### LANDASAN TEORI

Biodiesel dapat dibuat bermacam sumber, seperti minyak nabati, lemak hewani dan sisa dari minyak atau lemak (misalnya sisa minyak penggorengan). Biodiesel dapat diproduksi dari minyak-minyak tumbuhan seperti minyak kelapa (Purwono dkk, 2003; hamid dan Hertanto, 2003), minyak jarak (Bakhtiar dkk, 2003;), minyak kelapa sawit (Utomo, 2004), minyak goreng bekas (Utomo, 2004) dan berbagai minyak nabati lain, berupa DALM (Destilat Asam Lemak Minyak) sawit hasil samping pengolahan proses pengolahan minyak kelapa sawit menjadi minyak makan / minyak goreng (Supranto dkk, 2003; Makertihartha, 2005; Chongkong dkk, 2007).

Produksi biodiesel dari tumbuhan umumnya dilaksanakan melalui proses yang disebut dengan transesterifikasi. Transesterifikasi terkadang disebut alkoholisis, atau mengacu pada jenis alkohol yang digunakan maka disebut metanolisis atau etanolisis. Alkoholisis adalah reaksi suatu asam karboksilat dengan alkohol untuk membentuk suatu ester, dimana reaksinya biasanya lambat namun dapat dipercepat dengan bantuan suatu katalisator.

Reaksi esterifikasi biasanya menggunakan katalisator homogen yaitu katalisator asam seperti asam sulfat (Utomo, 2004; Prakoso, 2003; Hamid dan Hertanto, 2003) maupun katalisator basa berupa KOH (Astuti, 2008a) atau NaOH (Bakhtir dkk, 2003). Selain itu digunakan katalisator heterogen seperti lempung (Makertihartha, 2005), Catalysts Cu (II) dan Co(II) yang diadsorpsi oleh chitosan (Silva dkk, 2008), dan zeolit (Noiroj dkk, 2008). Untuk memproduksi biodiesel juga dilakukan teknik katalisasi biologis dengan berbagai macam biokatalis seperti enzim lipase dari *rhizopus oryzae* (Ban dkk, 2001). Reaksi dengan katalisator asa berlangsung sekitar satu jam pada suhu kamar, sedangkan reaksi dengan katalisator asam dan enzim memerlukan waktu 3 sampai 4 hari untuk menyelesaikan reaksi. Selain itu reaksi dengan katalisator asam memerlukan panas (Turner, 2005). Katalisator basa yang sering dipergunakan adalah sodium hidroksida dan kalium hidroksida. Katalisator ini dipilih karena harganya murah dan prosesnya ekonomis.

Alkohol yang digunakan berupa methanol (Hamid dan Hertanto, 2003), etanol (Astuti, 2008b), propanol, butanol, amil alkohol (Rahayu dan Rarasmedi, 2003). Proses lain melalui proses transesterifikasi menggunakan methanol superkritik (Han dkk, 2005); Demirbas, 2005). Tidak adanya katalis pada proses dengan methanol superkritik ini memberikan keuntungan tidak diperlukannya proses purifikasi metal ester terhadap katalis yang biasanya terikut pada produk proses transesterifikasi konvensional menggunakan katalis asam/basa. Namun metode ini menggunakan alat yang sangat mahal harganya sehingga tidak dipilih untuk pembuatan biodiesel skala industri. Methanol paling umum digunakan dalam pembuatan biodiesel. Methanol biasanya diproduksi dari gas alam, sedangkan etanol diperoleh dari pabrik gula. Penggunaan etanol menjadikan biodiesel sebagai bahan bakar yang keberlanjutannya lebih tinggi (Turner, 2005).

Faktor utama yang mempengaruhi yield biodiesel meliputi kuantitas alkohol, waktu reaksi, suhu reaksi dan konsentrasi katalisator. Secara teoritis setiap 1 mol trigliserida memerlukan 3 mol

alkohol untuk menghasilkan 3 mol ester dan 1 mol gliserol. Penggunaan alkohol berlebihan akan memastikan semua minyak terkonversi menjadi biodiesel. Pada awal reaksi transesterifikasi, reaksi berlangsung lambat dan setelah itu berlangsung sangat cepat. Umumnya yield mencapai nilai maksimum pada waktu kurang dari 90 menit. Suhu sangat mempengaruhi reaksi dan yield biodiesel. Suhu yang tinggi akan menurunkan viskositas minyak dan mempercepat reaksi. Konsentrasi katalisator mempengaruhi yield biodiesel. Katalisator yang paling umum digunakan adalah sodium hidroksida. Freedman dkk menemukan bahwa penggunaan sodium metoksida lebih efektif daripada sodium hidroksida. Oleh karena itu seharusnya katalisator seharusnya ditambahkan dulu ke dalam alkohol sebelum dicampurkan dengan minyak (Leung dkk, 2009).

Biodiesel mempunyai sifat-sifat fisik yang mirip dengan solar biasa sehingga dapat diaplikasikan langsung untuk mesin-mesin diesel yang ada hampir tanpa modifikasi. Pengujian sifat yang dilakukan pada biodiesel mengacu pada pengujian yang biasa dilaksanakan untuk minyak solar. Sifat-sifat biodiesel secara umum dapat diuji dengan beberapa jenis pengujian berikut ini : *specific gravity, Flash Point, Pour Point, color, dan Carbon Residu*.

#### METODE PENELITIAN

##### a. Bahan

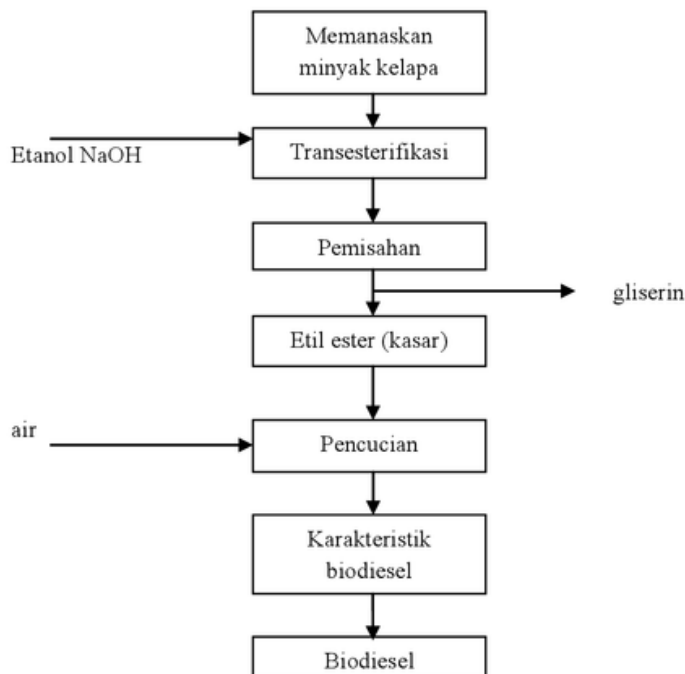
Bahan-bahan yang digunakan adalah : Minyak kelapa yang mempunyai rapat massa 0,8831 kg/L, etanol p.a mempunyai kadar 99,8 % dan rapat massa 0,79 kg/L, serta NaOH p.a

##### b. Alat penelitian

Digunakan rangkaian alat berupa labu leher tiga yang dilengkapi dengan motor pengaduk dan pengukur suhu.

##### c. Tahap penelitian

Penelitian dilakukan dengan tahap penelitian sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram alir penelitian

# HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kondisi optimum pembuatan biodiesel dari minyak kelapa dan etanol dengan katalisator sodium hidroksida. Variable yang teliti adalah suhu reaksi dan konsentrasi katalisator. Hasil transesterifikasi minyak kelapa menggunakan etanol adalah biodiesel yang disebut etil ester. Setelah didapatkan sampel dan dianalisa sifat fisisnya, kemudian disusun dalam bentuk tabel, dianalisa dan dibandingkan dengan standar mutu biodiesel (Kep. BSN No. 04 -7182-2006). Kondisi optimum diperoleh pada kondisi operasi yang menghasilkan biodiesel dengan kuantitas terbanyak dan memenuhi standar mutu.

## a. Pengaruh Variasi Suhu

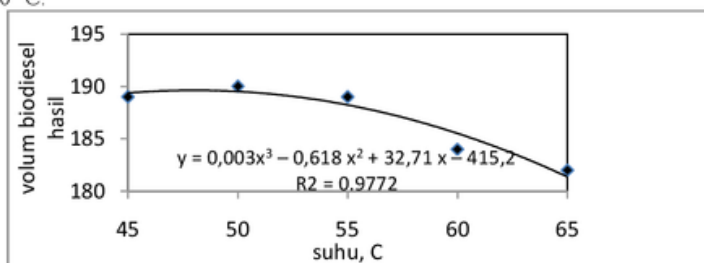
Percobaan dilakukan selama 60 menit, jumlah katalis NaOH sebanyak 0,6 %b/v, kecepatan pengadukan 1200 rpm, dengan rasio minyak kelapa : etanol sebesar 4:1 dan suhu reaksi yang bervariasi. Hasil percobaan tercantum pada tabel 1.

Tabel 1. Hubungan antara variasi suhu dengan volume biodiesel hasil

No	Suhu Reaksi (°C)	Volume biodiesel hasil (ml)
1	45	189
2	50	190
3	55	189
4	60	184
5	65	182

Dari tabel 1 terlihat bahwa kenaikan suhu menyebabkan jumlah biodiesel yang dihasilkan semakin banyak. Hasil terbanyak diperoleh pada suhu reaksi 50 °C. Pada suhu diatas 50 °C terjadi penurunan kuantitas hasil biodiesel. Untuk mengetahui suhu reaksi optimum yang menghasilkan kuantitas biodiesel maksimum, dibuat grafik hubungan antara suhu reaksi dan volume biodiesel yang dihasilkan (gambar 3).

Dari tabel 1 dapat diketahui bahwa suhu reaksi yang diperlukan dalam transesterifikasi minyak kelapa yang efektif adalah suhu 50 °C dengan hasil minyak biodiesel sebesar 190 ml. Bila suhu reaksi dibawah atau diatas suhu 50 °C maka volume biodiesel yang dihasilkan lebih sedikit daripada suhu reaksi 50 °C. Ditinjau dari segi kinetika molecular, peningkatan temperature akan mempengaruhi peningkatan tumbukan-tumbukan antar molkul reaktan. Peningkatan tumbukan yang terjadi antar molekul reaktan akan memungkinkan semakin besarnya konversi reaktan asam lemak bebas dan methanol menjadi etil ester. Hal ini menyebabkan asam lemak bebas yang terkonversi menjadi etil ester semakin besar, sehingga perolehan etil ester semakin tinggi. Namun pada suhu reaksi diatas 50 °C kenaikan suhu reaksi mengakibatkan gerakan molekul yang terlalu cepat sehingga tumbukan antar molekul reaktan menurun. Dampaknya terjadi penurunan perolehan biodiesel pada suhu diatas 50 °C.



Gambar 3. Grafik Hubungan suhu reaksi dengan volume biodiesel

Hubungan antara suhu reaksi dengan massa biodiesel dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$Y = 0,003x^3 - 0,618x^2 + 32,71x - 415,2$$

Dimana y = volum biodiesel (ml)

X = suhu reaksi ( $^{\circ}\text{C}$ )

Persamaan ini berlaku untuk harga  $x = 45^{\circ}\text{C}$  sampai  $x = 65^{\circ}\text{C}$  dengan tingkat  $R^2 = 0,9772$ .

Dari gambar 3 terlihat bahwa titik puncak kurva hubungan antara suhu reaksi dan volume biodiesel tidak berada pada posisi tepat  $50^{\circ}\text{C}$ , melainkan pada titik sebelum  $50^{\circ}\text{C}$ . Suhu optimum pembuatan biodiesel dari minyak kelapa dan etanol dengan katalisator sodium hidroksida adalah  $48,88^{\circ}\text{C}$ .

Hasil biodiesel yang bisa diproduksi dan digunakan secara missal adalah biodiesel yang memenuhi standar mutu. Karakteristik utama yang dilihat dari biodiesel adalah viskositas. Hasil uji viskositas biodiesel tertera pada tabel 2.

Tabel 2. Viskositas biodiesel pada berbagai suhu reaksi

No	Suhu Reaksi ( $^{\circ}\text{C}$ )	Viskositas ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )
1	45	3.968
2	50	4.219
3	55	4.291
4	60	4.095
5	65	3.931

Standar mutu biodiesel mensyaratkan viskositas biodiesel yang diperbolehkan berkisar antara 2,3-6,0  $\text{mm}^2/\text{s}$ . Viskositas hasil percobaan bernilai 3,931 – 4,219  $\text{mm}^2/\text{s}$ . Dengan demikian viskositas biodiesel hasil percobaan sudah memenuhi spesifikasi.

#### b. Pengaruh Variabel Jumlah Katalis NaOH p.a

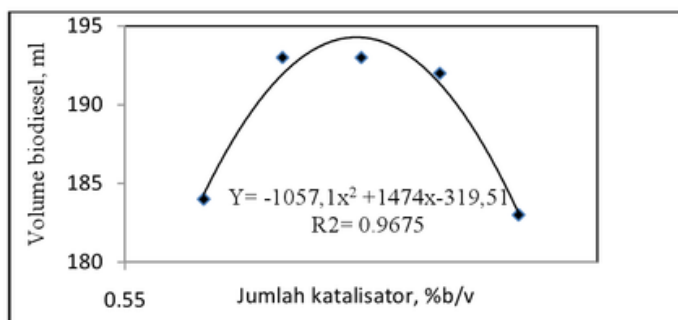
Percobaan dilakukan selama 60 menit, kecepatan pengadukan sebesar 1200 rpm, suhu  $60^{\circ}\text{C}$  dengan rasio minyak kelapa : etanol adalah 4:1. Jumlah katalisator sodium hidroksida divariasi antara 0,60% sampai dengan 0,80 %.

Tabel 3. Hubungan antara jumlah katalisator dengan volume biodiesel

No	Jumlah Katalisator (%b/v)	volume biodiesel yang dihasilkan (ml)
1	0.6	184
2	0.65	193
3	0.7	193
4	0.75	192
5	0.8	183

Katalisator adalah bahan yang ditambahkan dalam suatu reaksi dan berfungsi mempercepat reaksi. Penggunaan katalisator pada suatu reaksi karena kemampuannya mengadakan interaksi dengan paling sedikit satu molekul reaktan untuk menghasilkan senyawa- senyawa yang lebih aktif, yang berakibat terjadi alur reaksi dengan energi pengaktifan yang lebih rendah, peningkatan ketepatan orientasi tumbukan, peningkatan kemungkinan tumbukan antar reaktan dan peningkatan konsentrasi akibat lokalisasi reaktan, sehingga meningkatkan jumlah tumbukan. Penambahan jumlah katalis akan memperbesar peluang reaktan untuk saling bertumbukan menghasilkan produk. Dari tabel 3 terlihat bahwa untuk konsentrasi katalisator 0,60% sampai dengan 0,70% semakin banyak jumlah katalis yang digunakan maka biodiesel yang diperoleh semakin banyak. Namun pada konsentrasi 0,75% keatas diperoleh volume volume biodiesel yang lebih sedikit. Dengan demikian terdapat kemungkinan kesetimbangan reaksi transesterifikasi ini tercapai pada konsentrasi katalis antara 0,65% - 0,70%. Konsentrasi katalisator optimal dicari dengan grafik berikut ini.





Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Jumlah Katalisator dengan Volume Biodiesel

Hubungan antara jumlah katalisator yang digunakan dengan volume biodiesel dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$Y = -1057,1x^2 + 1474x - 319,51$$

Persamaan ini berlaku untuk harga  $x = 0,6\% - 0,8\%$  dengan tingkat keseksamaan  $R^2 = 0,9675$ .

Dari gambar 3 dan persamaan (2) diketahui bahwa jumlah katalis optimal yang diperlukan dalam transesterifikasi minyak kelapa yang efektif adalah 0,6972%.

Untuk mengetahui apakah biodiesel yang dibuat dengan variasi konsentrasi katalisator sodium hidroksida sudah memenuhi standar mutu biodiesel maka dilakukan uji viskositas. Datanya ditampilkan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4. Viskositas biodiesel pada berbagai konsentrasi katalisator

No	Jumlah Katalis NaOH (%b/v)	Viskositas (mm <sup>2</sup> /s)
1	0.6	4.095
2	0.65	3.829
3	0.7	3.4
4	0.75	3.309
5	0.8	3.703

Nilai viskositas yang dihasilkan ternyata masuk dalam kisaran standar mutu viskositas. Berarti biodiesel hasil sudah memenuhi spesifikasi.

Untuk mengetahui validitas kualitas biodiesel yang dihasilkan dilakukan uji biodiesel pembandingan di Laboratorium Teknologi Minyak Bumi, Gas, dan Batubara, Jurusan Teknik Kimia, UGM. Dari analisa diperoleh bahwa uji viskositas kinematik menggunakan metode ASTM D 445 menghasilkan nilai terbesar 3,751 mm<sup>2</sup>/s, flash point atau titik nyala yang diuji menggunakan metode pemeriksaan ASTM D 93 sebesar 126 °C, dan Pour point sebesar -3 °C didapat dari uji biodiesel menggunakan ASTM D97. Dari nilai yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa hasil yang didapat sudah memenuhi standar Nasional Indonesia untuk biodiesel. Viskositas kinematik standar berkisar antara 2.3-6.0 dan hasil yang didapat sebesar 3.752, Flash Point standar minimal 100 °C sedangkan hasil yang didapat sebesar 126°C. Sedangkan untuk pour point didapat -3 °C dengan harga standar pour point maksimal 18 °C.

#### KESIMPULAN

1. Suhu optimum pembuatan biodiesel dari minyak kelapa dan etanol dengan katalisator sodium hidroksida adalah 48,88°C.
2. Jumlah katalisator optimum pembuatan biodiesel dari minyak kelapa dan etanol dengan katalisator sodium hidroksida adalah 0,6972 %.

3. Biodiesel yang dihasilkan sudah memenuhi standar mutu nasional biodiesel.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2006, Biodiesel, [www.sentrapolimer.com](http://www.sentrapolimer.com), date : 31 Desember 2007.
- Astuti, E., 2008, pembuatan biodiesel dari minyak kelapa dan metanol dengan katalisator KOH, Prosiding Seminar Hasil Penelitian UAD, Yogyakarta.
- Baktir, A. dkk, 2003, Pembuatan biodiesel dari minyak jarak dengan Basa Kuat, Prosiding Seminar Rekayasa dan Proses 2003, Semarang.
- Balai Termodinamika Mesin dan Populasi BPPT, 2005, Laporan Pengujian Biodiesel Kualitas Standar Pada Kendaraan Komersial, Balai Rekayasa Desain dan Sistem Teknologi BPPT.
- Ban, K., Kaieda, M., Matsumoto, T., Kondo, A. And Fukuda, H., 2001, Whole Cell biocatalyst for biodiesel fuel production utilizing Rhizopus oryzae cells immobilized within biomass support particles, *Biochem Eng J.* 8, pp 43.
- Chongkhong, S. dkk, 2007, Biodiesel production by esterification of palm fatty acid distillate, *Biomass and Bioenergy* 31 (2007) 563-568.
- Demirbas, A., 2005, Biodiesel production from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical methanol transesterification methods, *Energy and Combustion Science* 31 (2005) 466-487.
- Hamid, T. dan Hertanto, Y., 2003, Preparasi biodiesel dari minyak kelapa "BARCO" dengan variasi jumlah NaOH, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia V 2003.
- Leung, D.Y.C. Wu, X. and Leung, M.K.H., 2009, A Review on Biodiesel Production Using Catalyzed Esterification, *Applied Energy*, 2009.
- Makerthiharta, IGBN, 2005, Pengembangan Katalis Lempung Aktif untuk sintesis biodiesel. Prosiding Seminar Rekayasa dan Proses 2005, Semarang.
- Noiroj, K. dkk, 2008, A comparative study of KOH/AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and KOH/NaY catalysts for biodiesel production via transesterification from palm oil, *renewable Energy* xxx (2008) 1-6.
- Pasae, Y., 2006, Biodiesel Tanaman Tradisional Membangun Masa Depan, *BaktiNews*, Vol 1 edisi 11 (Mei 2006) pp 7-8.
- Purwono, S., Yulianto, N. dan Pasaribu, R., 2003, Biodiesel dari minyak kelapa, prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia, Yogyakarta.
- Rahayu, S.S. dan Iwan Rarasmedi 2003, Biodiesel dari Minyak Sawit dan Fraksi Ringan Minyak Fusel, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia, Yogyakarta.
- Silva, R.B., Catalysts of Cu(II) and Co(II) ions adsorbed in chitosan used in transesterification of soy bean and babassu oils – A new route for biodiesel syntheses, *Bioresource Technology* (2008) 6793-6798.
- Solikhah, M.D., Nuramin, M., Rizal, S. dan Wirawan, S.S., 2005, Biodiesel pilot plant kapasitas 1.5 ton/hari sebuah langkah kecil dalam roadmap biodiesel Indonesia, prosiding seminar nasional rekayasa Kimia dan Proses 2005, Semarang.
- Supranto dkk, 2003. Biodiesel bahan bakar mesin disel produk Esterifikasi Destilat Asam Lemak Minyak Sawit. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia, Yogyakarta.
- Tuner, T.L., 2005, Modeling and Simulation of Reaction Kinetics for Biodiesel for Biodiesel Production, thesis, faculty of North Carolinastate University, p 8, North Carolina.
- Utomo, J., 2004, Studi pembuatan Biodiesel sawit dengan katalis asam-basa. Prosiding STNPK VI.
- Windria, N.H., 2003, Biodiesel : Alternatif pendamping solar, *BEI NEWS* Edisi 12 Tahun IV. Desember 2002-januari 2003.



# OPTIMASI PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA DAN ETANOL

ORIGINALITY REPORT

3%

SIMILARITY INDEX

## PRIMARY SOURCES

- 1

[www.beritaipetek.com](http://www.beritaipetek.com)  
Internet

27 words — 1%
- 2

Veillette, M., A. Giroir-Fendler, N. Faucheux, and M. Heitz. "High-purity biodiesel production from microalgae and added-value lipid extraction: a new process", *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2015.  
Crossref

26 words — 1%
- 3

Keera, S.T.. "Transesterification of vegetable oil to biodiesel fuel using alkaline catalyst", *Fuel*, 201101  
Crossref

17 words — 1%
- 4

Balasubramaniam, Bharathiraja, Ayyappasamy Sudalaiyadum Perumal, Jayamuthunagai Jayaraman, Jayakumar Mani, and Praveenkumar Ramanujam. "Comparative analysis for the production of fatty acid alkyl esterase using whole cell biocatalyst and purified enzyme from *Rhizopus oryzae* on waste cooking oil (sunflower oil)", *Waste Management*, 2012.  
Crossref

13 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES OFF  
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY OFF

EXCLUDE MATCHES OFF